

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA

Ente Acque della Sardegna

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO
Ripristino dello scarico di fondo
della Diga di Monte Pranu
in comune di Tratalias

Cod: RLT01

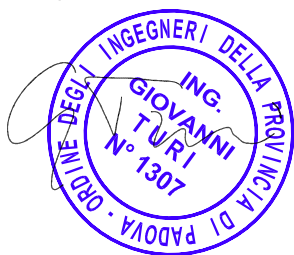
Rev: 5

Data: settembre 2019

RELAZIONE GENERALE

Progettazione

Ing. Giovanni Turi



Coordinamento della Sicurezza

Ing. Giovanni Turi

Rilievi

Geom. Alessandro Sulas

Resp.Unico del Procedimento

Ing. Stefania Todde

Direttore del Servizio

Ing. Antonio Loche

Direttore Generale

Ing. Franco Ollargiu

INDICE

1. INTRODUZIONE	pag.	3
1.1 SCOPO E CONTENUTO	pag.	3
1.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	pag.	3
1.2.1 Normativa tecnica	pag.	3
1.2.2 Documentazione tecnica	pag.	3
1.3 PRECEDENTI	pag.	4
2. DESCRIZIONE DELLE OPERE	pag.	5
2.1 STATO DI FATTO	pag.	5
2.1.1 Consistenza delle opere	pag.	5
2.1.2 Idraulica	pag.	6
2.2 PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO 2018	pag.	6
2.2.1 Problematiche e vincoli progettuali	pag.	6
2.2.2 Configurazione finale delle opere	pag.	7
2.2.3 Idraulica	pag.	7
3. ARTICOLAZIONE DELL'INTERVENTO	pag.	14
3.1 OPERAZIONI PRELIMINARI DI ALLESTIMENTO DEL CANTIERE	pag.	14
3.1.1 Generalità	pag.	14
3.1.2 Accessi e viabilità	pag.	14
3.1.3 Servizi di cantiere	pag.	14
3.1.4 Apprestamenti per la sicurezza	pag.	15
3.1.5 Ricognizione delle opere	pag.	15
3.1.6 Saggi sulle murature	pag.	15
3.2 LAVORI PREPARATORI A VALLE	pag.	16
3.2.1 Generalità	pag.	16
3.2.2 Allontanamento delle acque	pag.	16
3.2.3 Accesso alla camera di manovra	pag.	16
3.2.4 Operazioni di sgombero	pag.	16
3.2.5 Sistemi di sollevamento e movimentazione	pag.	17
3.2.6 Panconatura	pag.	17
3.3 LAVORI PREPARATORI A MONTE	pag.	17
3.3.1 Criteri progettuali	pag.	17
3.3.2 Rimozione della griglia a sacco	pag.	17
3.3.3 Installazione della griglia-filtro	pag.	18
3.3.4 Sorbonatura e chiariflocculazione	pag.	18
3.3.5 Sganciamento della vecchia paratoia	pag.	18
3.3.6 Getto del basamento della tura	pag.	18
3.3.7 Installazione della tura	pag.	18
3.4 SMONTAGGI E DEMOLIZIONI	pag.	19
3.4.1 Criteri progettuali	pag.	19
3.4.2 Rimozione delle apparecchiature idrauliche	pag.	19
3.4.3 Puntellamento del blocco di copertura del dissipatore	pag.	19
3.4.4 Demolizioni nella camera di manovra	pag.	20
3.4.5 Demolizioni nel cunicolo	pag.	20
3.5 RICOSTITUZIONE DELLA CONDOTTA DI SCARICO	pag.	20
3.5.1 Criteri progettuali	pag.	20
3.5.2 Regularizzazione del paramento di valle della vecchia paratoia	pag.	21
3.5.3 Realizzazione della nuova condotta	pag.	21
3.6 SOSTITUZIONE DELLA PARATOIA	pag.	21
3.6.1 Generalità	pag.	21
3.6.2 Rimozione della tura, della vecchia paratoia e del fondello	pag.	22
3.6.3 Installazione della nuova paratoia	pag.	22
3.6.4 Reinstallazione della griglia a sacco	pag.	22
3.6.5 Ispezione finale	pag.	22
3.7 LAVORI DI COMPLETAMENTO	pag.	22
3.7.1 Generalità	pag.	22
3.7.2 Nuova scala	pag.	22
3.7.3 Ripristino della parete sinistra della camera di manovra	pag.	22

3.7.4	Installazione del misuratore di portata	pag.	23
3.7.5	Sistemazione del pozzetto di aggottamento perdite	pag.	23
3.7.6	Rimozione dei dispositivi provvisori di valle e ripiegamento del cantiere	pag.	23
4.	TEMPI	pag.	24
5.	ELEMENTI ECONOMICI	pag.	25
5.1	PREZZI	pag.	25
5.2	QUADRO ECONOMICO	pag.	26

1. INTRODUZIONE

1.1 SCOPO E CONTENUTO

La presente relazione riguarda il progetto definitivo-esecutivo per la sistemazione ed il ripristino dello scarico di fondo della diga di Monte Pranu in comune di Tratalias, redatto per conto dell'ENAS Ente Risorse Acque Sardegna in base alle richieste dell'Ufficio Tecnico per le Dighe di Cagliari (v. par. 1.3).

Essa ha lo scopo di agevolare la consultazione e la comprensione del progetto.

Pertanto essa contiene gli elementi informativi essenziali, costituiti da:

- riferimenti generali del progetto (normativa, documenti e progetti esistenti);
- precedenti;
- sintesi dei dati di base, riportati in dettaglio negli specifici elaborati progettuali;
- descrizione dell'intervento e relativi criteri di progetto;
- elementi economici.

Ai sensi della norma del rif. 1.2.1.1 l'intervento si configura come un intervento locale riguardante singoli elementi dell'impianto e che interesserà porzioni limitate della diga.

1.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

1.2.1 Normativa tecnica

- 1.2.1.1 D.M. 26.6.2014 - Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)
- 1.2.1.2 D.M. 14.1.2008 - Norme tecniche per le costruzioni
- 1.2.1.3 Circ. Cons.Sup.LL.PP. 26.2.2009 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14.1.2008
- 1.2.1.4 D.Lgs. 9.4.2008, n. 81 - Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro
- 1.2.1.5 ISTAT - Istituto Nazionale di Statistica – Indici del costo di costruzione – Serie storiche

1.2.2 Documentazione tecnica

Documentazione di archivio (progetti ed atti di collaudo)

- 1.2.2.1 Progetto delle apparecchiature idrauliche (Riva Calzoni) – Paratoia
- 1.2.2.2 Atti di collaudo – Opere di chiusura ed accessori per lo scarico di fondo
- 1.2.2.3 Foglio di condizioni per l'esercizio e la manutenzione

Progetto definitivo-esecutivo 2018

- 1.2.2.4 RLT02 - Relazione idraulica
- 1.2.2.5 RLT03 - Relazione statica
- 1.2.2.6 RLT04 - Relazione sulle indagini sui fanghi e sui calcestruzzi
- 1.2.2.7 RLT05 - Documentazione fotografica
- 1.2.2.8 DWG01 - Cartografia di inquadramento
- 1.2.2.9 DWG02 - Planimetria del cantiere
- 1.2.2.10 DWF01 - Stato di fatto – Tav.1
- 1.2.2.11 DWF02 - Stato di fatto – Tav.2
- 1.2.2.12 DWF03 - Stato di fatto – Tav.3
- 1.2.2.13 DWR01 - Demolizioni e rimozioni
- 1.2.2.14 DWR02 - Ricostruzioni ed installazioni
- 1.2.2.15 DWC01 - Carpenteria metallica – Condotta di scarico – Elementi 1 e 2
- 1.2.2.16 DWC02 - Carpenteria metallica – Condotta di scarico – Elementi 3,4,5 e 6
- 1.2.2.17 DWC03 - Carpenteria metallica – Portellone
- 1.2.2.18 DWC04 - Carpenteria metallica – Scala e parapetti – Tav.1
- 1.2.2.19 DWC05 - Carpenteria metallica – Scala e parapetti – Tav.2

- 1.2.2.20 DWC06 - Carpenteria metallica – Scala e parapetti – Tav.3
- 1.2.2.21 DWC07 - Carpenteria metallica – Opere provvisorie – Tura e griglia
- 1.2.2.22 DWC08 - Carpenteria metallica – Opere provvisorie – Pancone
- 1.2.2.23 DWC09 - Carpenteria metallica – Opere provvisorie - Sistema di movimentazione nel cunicolo
- 1.2.2.24 DWP01 – Paratoia esistente
- 1.2.2.25 DWP02 – Paratoia e bypass – Sezioni e dettagli
- 1.2.2.26 DWP03 – Paratoia –Fasi operative
- 1.2.2.27 RLS01 – Piano di sicurezza e coordinamento
- 1.2.2.28 TAT02 – Capitolato speciale di appalto – Norme tecniche

1.3 PRECEDENTI

Nel verbale della visita di vigilanza effettuata in data 29.9.2016 dall'Ufficio Tecnico per le Dighe di Cagliari, riguardo allo scarico di fondo si riferisce:

“Durante la visita sono state eseguite con esito positivo delle prove di funzionalità sullo scarico. Resta il problema della perdita proveniente dal tratto di tubazione compresa tra la paratoia di monte e di valle (1), rilevata durante le precedenti visite in uscita dalla muratura del pozzetto, a monte della flangia della paratoia (2) di valle.”

ed inoltre:

“sono ancora non funzionanti i misuratori di apertura della paratoia di valle e di monte (3). Come già detto non è ancora stato risolto il problema di una perdita consistente proveniente dalla parete del pozzetto di alloggiamento della saracinesca di valle e dal tratto di tubazione a monte della flangia della suddetta saracinesca. Le manovre sulla paratoia (2) di valle sono andate a buon fine solo dopo la chiusura della paratoia di monte, quindi, oltre all'intervento di eliminazione della perdita suddetta, si dovrà provvedere a ripristinare la funzionalità del sistema della paratoia di valle (2) sotto battente.”

Infine, nella lettera di trasmissione di detto verbale si prescrive, tra l'altro: *“..... si sollecita la predisposizione di un progetto definitivo-esecutivo che ricomprenda tutti gli interventi necessari per ripristinare la normale funzionalità dello scarico di fondo, ivi compresa la manovrabilità della paratoia sotto battente”.*

-
- (1) Deve intendersi “paratoia di monte e saracinesca di valle”
 - (2) Deve intendersi “saracinesca”
 - (3) Deve intendersi “saracinesca di valle e paratoia di monte”

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE

2.1 STATO DI FATTO

2.1.1 Consistenza delle opere

L'attuale stato di conservazione del sistema è da considerarsi insoddisfacente a causa della mancata tenuta degli organi di intercettazione (paratoia e saracinesca) e del degrado della tubazione; la combinazione di tali circostanze dà luogo a perdite dall'invaso che vanno aggravandosi nel tempo.

La configurazione attuale dello scarico di fondo è la seguente:

- in aderenza al paramento di monte della diga è presente una torre realizzata mediante tre pareti, due laterali (ortogonali all'asse diga), ed una frontale verso l'invaso, al fondo della quale è ricavata un'apertura di 2x3 m presidiata da una griglia a sacco (1); la sezione interna della torre è di 2x2 m alla base, progressivamente crescente verso l'alto (sino a 2x4 m circa) per effetto dell'inclinazione del paramento (v. figg. 2.1, 2.2 e 2.3);
- in corrispondenza del paramento di monte della diga (che costituisce il quarto lato della torre) è presente una paratoia lenticolare DN1500 (2) con manovra oleodinamica operata dai meccanismi collocati nella cabina in sommità della torre stessa (a quota coronamento diga) (v. figg. 2.4 e 2.5);
- la condotta di scarico è costituito da una tubazione metallica DN1400 annegata in cls, raccordata a monte alla paratoia mediante un convergente DN1500/DN1400 lungo 2 m circa (v. fig. 2.6);
- a partire da circa 3 m a valle della paratoia la tubazione corre sotto un cunicolo largo 1,20 m (3), per circa 18 m; lo spessore di cls tra il cervello della tubazione ed il piano di calpestio del cunicolo è di 30 cm (v. fig. 2.7);
- sulla parete frontale di monte del cunicolo sono presenti due saracinesche DN300, in comunicazione con la torre, installate in occasione di precedenti interventi e non più utilizzate (v. fig. 2.7);
- al termine di valle del cunicolo si apre la camera di manovra, larga 4,00 m e lunga 8,50 m (v. fig. 2.8), nella quale è installata
- una saracinesca DN1400 preceduta da un passo d'uomo $\phi 800$ e da un giunto di smontaggio a tre flange; la saracinesca è estraibile da un vano superiore attraverso una botola di 2,50x1,80 m praticata sul solaio che divide i due vani; saracinesca e giunto di smontaggio sono opportunamente alloggiati in un pozzetto realizzato nel basamento della camera (v. figg. 2.8 e 2.9);
- segue un gomito verso il basso (anch'esso rinfiancato in cls), con sbocco in una vasca di dissipazione, che, attraverso una soglia a quota 14,70 m s.m. larga 5 m avvia a pelo libero il deflusso al recapito finale nell'alveo canalizzato a valle della diga;
- in alveo, a valle (circa 190 m in linea d'aria, circa 200 m lungo l'alveo), è presente una brigliaguardo con soglia a quota 15,30 m s.m., realizzata in passato per l'attraversamento da parte di una condotta DN150, attualmente dismessa; questa circostanza fa sì che anche in assenza di deflusso in alveo la soglia della vasca del dissipatore risulti sempre sommersa (v. figg. 2.10 e 2.11).

Il locale sopra la camera di manovra è accessibile dall'esterno; esso comunica con la camera stessa attraverso una scala metallica non solo fuori norma, ma anche oggettivamente pericolosa.

- (1) L'apertura non è munita di organo di intercettazione; pertanto le tre pareti verso l'invaso sono soggette a spinta equilibrata con scarico chiuso (il livello idrico all'interno della torre è uguale a quello d'invaso) e ad una differenza di spinta pari alle perdite di carico attraverso la griglia (dell'ordine massimo di 1 m alla massima portata) con scarico in esercizio. Il dimensionamento statico originario fu effettuato con questa impostazione (si consideri che la parete frontale della torre ha uno spessore di soli 25 cm). Questa circostanza è importante ai fini delle scelte progettuali per l'intervento in oggetto (v. par. 3.3).
- (2) E' opportuno osservare che il diametro 1500 mm maggiorato rispetto ai 1400 mm della tubazione non dipende da un criterio idraulico, ma dall'esigenza pratica di ricorrere a misure standard disponibili sul mercato e di unificare le forniture per l'intero impianto, tanto è vero che lo stesso assetto fu adottato per le due condotte di presa, costituite da tubazioni DN1400 e paratoie $\phi 1500$, nonostante che per la loro regolazione fossero installate due valvole Johnson DN800.
- (3) Il fatto che il cunicolo sia più stretto della tubazione sottostante condiziona anch'esso le scelte progettuali (v. par. 3.4).

Per lo svolgimento dei lavori di montaggio ed installazione della nuova condotta di scarico e delle relative apparecchiature si dovrà operare nel vano inferiore della camera di manovra, in cui sono attualmente presenti materiali residuati da precedenti interventi, che riducono ulteriormente lo spazio già di per sé piuttosto limitato.

Tra le opere esistenti merita una menzione la condotta DN400 ex Sardamag ora dismessa che – con una configurazione a sifone – scavalca la diga in corrispondenza dello sfioratore (v. fig. 2.12).

La geometria attuale del sistema – ricavata sia dai disegni di consistenza allegati agli atti di collaudo sia da rilievi in situ appositamente condotti - è descritta nelle tavole di progetto (rifer. 1.2.2.12 – 1.2.2.14). Lo stato di fatto è altresì descritto nella documentazione fotografica del rif. 1.2.2.7.

2.1.2 Idraulica

Dai calcoli effettuati per la redazione del presente progetto (v. rif. 1.2.2.4) nella configurazione attuale, con livello d'invaso alla quota di massima regolazione (43,50 m s.m.):

- la massima portata dello scarico di fondo risulta pari a 24,37 m³/s;
- la massima portata totale (scarico di fondo e presa) risulta pari a 35,21 m³/s.

2.2 PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO 2018

2.2.1 Problematiche e vincoli progettuali

Nello studio e nella redazione del progetto si è tenuto conto dei seguenti obiettivi fondamentali:

- a) la garanzia di normale erogazione idrica durante il corso dei lavori (e quindi senza svuotamento dell'invaso);
- b) il mantenimento di prestazioni idrauliche non inferiori a quelle della configurazione del progetto originario;
- c) la possibilità di svaso durante i lavori in condizioni di emergenza (1).

La criticità dell'intervento è costituita essenzialmente dalla necessità di ricorrere a lavori subacquei ed in ambienti confinati.

Queste due circostanze hanno condizionato fortemente la progettazione, indirizzando verso scelte sia progettuali (riguardanti tecnologie e materiali) sia organizzative (riguardanti pianificazione temporale e spaziale dei lavori) atte a prevenire ed a minimizzare i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori. Si cita a questo riguardo che i lavori sono stati programmati in modo da evitare interferenze tra lavorazioni diverse (v. cronoprogramma allegato al rif. 1.2.2.27).

Nella concezione del progetto si è inoltre perseguito l'obiettivo di minimizzare la soggezione ad imprevisti.

-
- (1) La possibilità di svaso è assicurata dalla presenza della presa, costituita da condotte metalliche DN1400 con imbocco a quota 26,00 m s.m. (asse tubo) in una torre simile per concezione a quella dello scarico di fondo.

In corrispondenza della camera di manovra a valle si diramano due condotte (una DN2000 ed una DN1500) che derivano le portate a servizio dei distretti irrigui di valle, realizzate successivamente alla costruzione della diga. Il deflusso può essere altresì avviato nel canale che costituiva originariamente la derivazione dalla diga mediante l'apertura di due valvole Johnson DN800 presenti a valle delle diramazioni.

E' opportuno notare che:

- il volume d'invaso a quota 26,00 m s.m. è di appena 1,1 Mm³, a fronte di un totale di 50 Mm³ alla quota di massima regolazione (43,50 m s.m.);
- lo svaso parziale possibile attraverso la presa consentirebbe di mettere all'asciutto le dighe secondarie (che insieme alla diga principale sul R.Palmas formano l'invaso), aventi i punti più depressi a quote più elevate (diga di Bastuppa 31,40 m s.m.; argini di Case Miais 34,00 m s.m., di Bavorada 38,00 m s.m., di Coremò 44,30 m s.m.)

2.2.2 Configurazione finale delle opere

L'intervento di progetto consiste essenzialmente nella sostituzione degli organi di intercettazione (paratoia e saracinesca) e nella ricostituzione della condotta.

Per la manovra della paratoia si prevede il riutilizzo del dispositivo (cilindro e centralina) attualmente in esercizio, in quanto le verifiche effettuate (v. rif. 1.2.2.5) ne hanno evidenziato l'idoneità a svolgere la funzione richiesta anche con la configurazione derivante dal presente intervento.

La nuova condotta sarà realizzata con una tubazione di diametro leggermente inferiore di quella esistente da infilare in quest'ultima. La nuova condotta è dimensionata per resistere da sola alle sollecitazioni agenti.

L'intercapedine tra le due tubazioni sarà intasata con malta reoplastica a ritiro controllato, le cui caratteristiche (congiuntamente con le modalità di messa in opera previste, indicate nel rif. 1.2.2.28) garantiscono una continuità del getto atta a scongiurare il formarsi di vie preferenziali di filtrazione monte-valle.

Al termine dell'intervento la configurazione dello scarico di fondo differirà in minima parte da quella attuale:

- la paratoia di monte sarà in carpenteria di acciaio anziché in fusione di ghisa, il diametro dell'apertura sarà di 1310 mm anziché di 1500 mm (1);
- il raccordo tra paratoia e tubazione sarà realizzato con un divergente 1310/1350 (diametri interni);
- la tubazione avrà diametro interno 1350 mm anziché 1400 mm;
- immediatamente a monte della nuova saracinesca DN1400 sarà realizzato un raccordo divergente 1350/1400;
- immediatamente a valle della nuova saracinesca DN1400 sarà realizzato un raccordo divergente 1400/1600, per il raccordo con il nuovo gomito DN1600 (anziché DN1400). (2)

Completeranno l'intervento:

- la realizzazione del by-pass della paratoia, mirato a consentire manovre a carico equilibrato di quest'ultima; a questo scopo sarà utilizzato uno dei due fori $\phi 300$ di comunicazione tra il vano della torre ed il cunicolo (v. fig. 2.7); il by-pass sarà intercettato mediante una valvola a sfera azionata da centralina oleodinamica da installare nel vano superiore della camera di manovra;
- l'installazione di un misuratore di portata ad ultrasuoni tipo *clamp on* (attualmente non esistono dispositivi di misura);
- la realizzazione di una nuova scala a norma tra camera di manovra e locale superiore;
- la realizzazione di un portellone metallico stagno sulla parete della camera di manovra che durante l'esercizio consentirà di operare dal piazzale per l'estrazione ed il ricollocamento di apparecchiature e pezzi speciali in occasione di interventi di manutenzione. Il portellone sarà coibentato mediante un riempimento in polistirolo, per evitare un eccessivo riscaldamento della camera di manovra (la parete in cui è collocato è esposta a Sud).

2.2.3 Idraulica

Dai calcoli effettuati per la redazione del presente progetto (v. rif. 1.2.2.4) nella configurazione conseguente all'intervento, con livello d'invaso alla quota di massima regolazione (43,50 m s.m.):

- la massima portata dello scarico di fondo risulta pari a 23,80 m³/s a fronte dei 23,73 m³/s della configurazione ante operam (v. par. 2.1.2);
- la massima portata totale (scarico di fondo e presa) risulta pari a 33,64 m³/s a fronte dei 33,57 m³/s della configurazione ante operam (v. par. 2.1.2).

A seguito dell'intervento la capacità idraulica dello scarico risulta pertanto - sia pure leggermente - migliorata.

Oltre a ciò, l'abbassamento della soglia del guado di valle (da 15,30 m s.m. a 14,60 m s.m.) con la conseguente riprofilatura dell'alveo non solo evita il ristagno di acqua tra l'uscita del dissipatore (soglia a quota 14,70 m s.m.) ed il guado stesso in assenza di scarico, ma anche fa sì che in presenza di rilasci dallo scarico di fondo le condizioni di deflusso risultino migliorate (a parità di portate le quote d'acqua sono significativamente più basse di quelle ante operam).

(1) V. nota (2) al par. 2.1.1

(2) L'allargamento del gomito nella configurazione post operam consente di compensare le maggiori perdite di carico dovute ai restringimenti a monte della saracinesca, così da ottenere un leggero aumento della capacità idraulica del sistema.

FIG. 2.1 – TORRI DELLO SCARICO DI FONDO E DI PRESA



A sinistra la torre dello scarico di fondo, a destra quella della presa

FIG. 2.2 – IMBOCCO DELLO SCARICO DI FONDO



Apertura 2 m di larghezza, 3 m di altezza (visibile solo la parte superiore). Dietro, non visibile, è installata la griglia a sacco.

FIG. 2.3 – BOTOLA DELLA GRIGLIA A SACCO



Gargami e fune di manovra della griglia a sacco, vista dalla botola della torre a quota coronamento (dimensioni 2,00 x 0,85 m)

FIG. 2.4 – PARATOIA



Vista dall'interno della condotta di scarico. E' evidente la mancata tenuta della paratoia

FIG. 2.5 – MECCANISMO DI MANOVRA DELLA PARATOIA

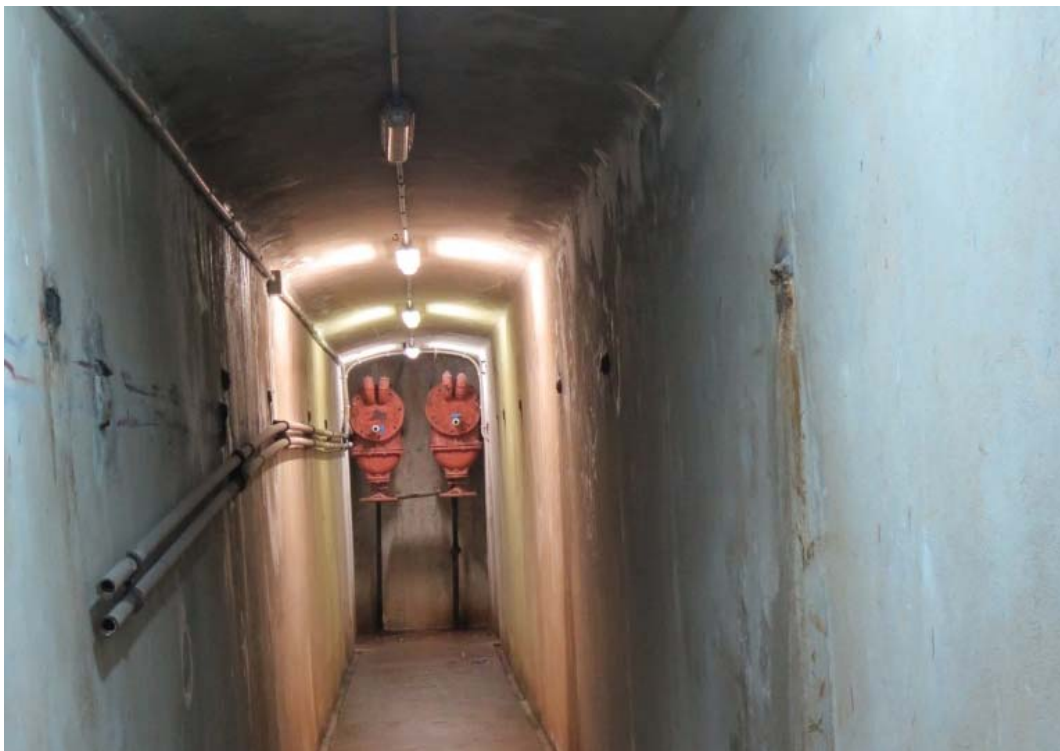


Base del cilindro oleodinamico di manovra, pavimento del vano della torre a quota coronamento

FIG. 2.6 – CONDOTTA DI SCARICO



Vista dall'interno. E' evidente lo stato di degrado

FIG. 2.7 – CUNICOLO

Larghezza 1,20 m. Sotto il pavimento è alloggiata la condotta di scarico DN1400. Sullo sfondo le due saracinesche DN300 dismesse, da rimuovere.

FIG. 2.8 – CAMERA DI MANOVRA

Saracinesca DN1400 con cilindro oleodinamico e passo d'uomo $\phi 800$. In alto botola comunicante con il vano superiore. A sinistra scala di accesso (fuori norma). A destra, in alto, saracinesca e tronchetto da rimuovere.

FIG. 2.9 – SARACINESCA E PASSO D'UOMO



Vista dall'interno della condotta

FIG. 2.10 – BRIGLIA-GUADO



Quota della soglia 15,30 m s.m. sopraelevata rispetto a quella dell'uscita del dissipatore (14,70 m s.m.)

FIG. 2.11 – SBOCCO DELLO SCARICO



Soglia all'uscita del dissipatore perennemente sommersa e condotta DN400 ex Sardamag, da rimuovere.

FIG. 2.12 – SIFONE EX SARDAMAG



Sifone DN400 ex Sardamag da disattivare mediante taglio in corrispondenza della soglia di sfioro

3. ARTICOLAZIONE DELL'INTERVENTO

Le circostanze indicate al precedente par. 2.1.1 hanno condotto ad identificare come segue l'articolazione tecnica e le fasi dell'intervento.

3.1 OPERAZIONI PRELIMINARI DI ALLESTIMENTO DEL CANTIERE

3.1.1 Generalità

Questa fase comprenderà:

- la realizzazione degli allestimenti necessari per il funzionamento del cantiere sotto l'aspetto sia logistico (accessi, servizi) sia della sicurezza (impianto di protezione dai fulmini, camera iperbarica,);
- l'esecuzione dei rilievi e saggi per l'acquisizione di una conoscenza dettagliata ed aggiornata dello stato di fatto.

I lavori interesseranno siti distinti:

- a) per una brevissima fase iniziale, la briglia-guado attraverso il R.Palmas;
- b) il vano inferiore della camera di manovra ed il cunicolo trasversale, che da essa ha inizio;
- c) la torre dello scarico di fondo (cabina di sommità e pozzo "bagnato").

3.1.2 Accessi e viabilità

Il collegamento tra cantiere e viabilità pubblica è assicurato dalla strada che si dirama dalla S.P. 74.

In ragione della distribuzione dei lavori nell'ambito delle pertinenze della diga (v. par. 3.1.1), per gli accessi e la viabilità di cantiere si è definita la configurazione di seguito descritta, illustrata nella tavola del rif. 1.2.2.9.

Per una parte della viabilità esistente (sia interna che esterna alle pertinenze della diga, ma comunque non interferente con l'alveo) sarà necessario provvedere ad una sistemazione del fondo mediante ricarica con materiale arido.

A valle, limitatamente al periodo necessario per l'abbassamento della briglia-guado (v. par. 3.2.2) il cantiere sarà delimitato da due recinzioni (e relativi cancelli) parallele al R.Palmas, una in sponda sinistra ed una in sponda destra dello stesso. L'attraversamento del R.Palmas da parte del traffico locale verrà assicurato dal ponte dell'ex ferrovia.

Una volta terminati questi lavori, l'accesso da valle verrà spostato perpendicolarmente al R.Palmas, in sponda sinistra, tra le pile del ponte. Da qui avrà inizio la pista di cantiere, larga 6 m, che si svilupperà lungo il limite sinistro dell'alveo per uno sviluppo di 200 m circa, sino allo slargo sul fianco sinistro della camera di manovra, dove verrà successivamente realizzata l'apertura per l'accesso alla stessa (v. par. 3.2.3).

La pista di cantiere dovrà permettere l'allontanamento all'esterno del cantiere dei materiali risultanti da rimozioni e demolizioni dalla camera di manovra e l'approvvigionamento dei materiali necessari per la costruzione (principalmente gli elementi di carpenteria metallica) dall'area di deposito ubicata nel piazzale della centrale di sollevamento alla camera di manovra. Con questa modalità operativa decade la necessità di allestire un piazzale a lato della camera di manovra, e la realizzazione della pista di cantiere comporterà una semplice pulizia della vegetazione lungo la sponda: si sono così evitati movimenti terra tali da alterare – anche solo temporaneamente – la situazione a valle della diga.

Al fine di rendere agibile il suddetto slargo per le operazioni successive si è prevista la sua sistemazione, comprendente la demolizione e la rimozione della dimessa condotta DN400 ex Sardamag e dei relativi pilastri.

Questo lavoro interesserà la parte di condotta al piede della diga. Al fine di disattivare definitivamente il sifone che scavalca la diga in corrispondenza dello sfioratore (v. par. 2.1.1) si è previsto il taglio di una piccola porzione della condotta stessa nei pressi del suo apice.

A monte, l'accesso avverrà attraverso il cancello antistante il piazzale della casa di guardia. La viabilità sarà costituita da quella esistente, che collega il piazzale con il coronamento della diga, dove è ubicata la cabina della torre dello scarico di fondo.

3.1.3 Servizi di cantiere

I principali servizi di cantiere saranno costituiti dalle baracche ad uso spogliatoio e servizi igienici. In relazione alla tipologia dei lavori ed al numero presunto di lavoratori contemporaneamente presenti (non superiore a 7-8) si sono previste 2 baracche di dimensioni ciascuna non inferiore a 10 m², attrezzate con 2 w.c., 2 lavabo, 2 docce. Esse saranno ubicate nel piazzale di fianco alla casa di guardia

Per quanto riguarda il refettorio, al primo piano della casa di guardia è disponibile una sala di dimensioni sufficienti per essere utilizzata dalle maestranze addette all'intervento in oggetto.

Per il deposito dei materiali di minori dimensioni (apparecchiature idrauliche, materiali per la saldatura,) ed attrezzature di lavoro sono stati previsti due box in lamiera (superficie ciascuno 13,5 m²) ubicati uno nel piazzale sinistro del coronamento diga ed uno a valle della diga in prossimità della scaletta che collega il camminamento a piede diga con la golenella del R.Palmas.

Il deposito temporaneo degli elementi di condotta per la realizzazione del nuovo scarico di fondo avverrà in un'area recintata antistante la centrale di sollevamento ENAS, in posizione non interferente con la stessa. Qui il materiale - proveniente dagli stabilimenti esterni di allestimento - sarà scaricato dai mezzi di trasporto pesanti (che troveranno in questo sito un'ampia area di manovra), in attesa di essere conferiti a piè d'opera con mezzi più leggeri in ragione dell'avanzamento dei lavori.

3.1.4 Apprestamenti per la sicurezza

Oltre alle recinzioni, alla viabilità ed ai baraccamenti gli apprestamenti per la sicurezza comprenderanno ulteriori dispositivi in relazione alla tipologia dei lavori. Particolare menzione merita la camera iperbarica necessaria per i lavori subacquei, che verrà collocata sul piazzale in destra del coronamento.

Per i rimanenti dispositivi (impianti elettrici, illuminazione,) si rimanda al Piano di Sicurezza (rif. 1.2.2.27) in cui viene fornito ogni opportuno dettaglio.

3.1.5 Ricognizione delle opere

Nel corso delle attività di progettazione la consistenza del sistema oggetto dell'intervento è stata ricavata sia dai disegni di consistenza allegati agli atti di collaudo sia da rilievi in situ appositamente condotti.

Non è stato tuttavia possibile accedere alle parti sommerse delle opere (in particolare pozzo della torre dello scarico e dissipatore).

Preliminarmente all'inizio dei lavori di costruzione è stato pertanto prevista un'attività di ricognizione di tutte le opere interessate dall'intervento, ed in particolare di quelle sommerse, da effettuarsi mediante l'impiego di operatori subacquei. Nell'ambito di tale attività verranno accertate e misurate le dimensioni esatte delle carpenterie in cls (compresi elementi locali quali pilastro di appoggio della paratoia esistente, soglia della griglia a sacco, aggetti), delle parti metalliche (gargami e battuta della griglia a sacco, telaio della paratoia esistente, gargami, aste di guida e sostegni della stessa, prese delle due saracinesche DN300) e comunque di ogni elemento rilevante per la configurazione delle apparecchiature e carpenterie metalliche provvisorie e definitive da porre in opera.

L'effettuazione dei rilievi subacquei comporterà una prima fase di sorbonatura dei fanghi di fondo della torre.

3.1.6 Saggi sulle murature

Per la realizzazione dei lavori si renderanno necessari interventi di demolizione nella camera di manovra e nel cunicolo, per i quali si è previsto il ricorso a tecniche di demolizione controllata.

Per l'ottimizzazione e la corretta esecuzione di queste ultime si è ritenuto opportuno acquisire ulteriori elementi circa la costituzione dei cls e la consistenza delle armature, aggiuntivi rispetto a quelli già eseguiti per la redazione del progetto, v. rif. 1.2.2.6).

Saranno pertanto eseguiti saggi anche distruttivi sui calcestruzzi ed accertamenti sulla presenza di armature, comportanti carotaggi delle murature, con prelievo di campioni da assoggettare a prove di laboratorio per la definizione dei parametri di interesse (esami petrografici al microscopio degli inerti, resistenza all'usura, resistenza a compressione).

3.2 LAVORI PREPARATORI A VALLE

3.2.1 Generalità

Questa fase comprenderà le operazioni necessarie per garantire le condizioni di accessibilità ed agibilità della camera di manovra per la prosecuzione dei lavori.

Esse si svolgeranno sia in corrispondenza della briglia-guado sul R.Palmas sia – principalmente – in corrispondenza della camera di manovra e del cunicolo, come dettagliato nel seguito.

3.2.2 Allontanamento delle acque

Come indicato al par. 2.1.1, la soglia della vasca del dissipatore risulta sempre sommersa a motivo della presenza della briglia-guado sul R.Palmas, costruita in passato per alloggiare una condotta (DN150) ora dismessa.

Considerato che la funzione originaria della briglia è venuta a mancare, e che anzi la sua presenza costituisce uno svantaggio per l'esercizio delle opere, si è ritenuto opportuno prevedere l'abbassamento della soglia della briglia in misura sufficiente a non rigurgitare la soglia di uscita dal dissipatore (0,70 m).

L'obiettivo verrà realizzato mediante demolizione controllata eseguita mediante dispositivi di taglio a filo diamantato.

La vasca del dissipatore potrà quindi essere svuotata mediante aggettamento con pompa.

3.2.3 Accesso alla camera di manovra

Inizialmente, alla camera di manovra ed al cunicolo si accederà con le modalità attuali, cioè da valle, attraverso il percorso pedonale costituito dal ballatoio, dalla porta del vano superiore della camera di manovra e dalla scala di collegamento con il vano inferiore.

Per il miglior svolgimento dei lavori si è previsto di praticare nella parete sinistra del vano inferiore un'apertura sullo slargo antistante (v. par. 3.1.2), che oltre che il passaggio delle maestranze e delle attrezzature consentirà:

- in uscita, l'estrazione dei materiali risultanti dalle rimozioni e demolizioni;
- in entrata, l'approvvigionamento dei materiali necessari per la costruzione.

Per la realizzazione di tale apertura (di dimensioni 4 m di larghezza x 3 m di altezza) verranno impiegate tecniche di demolizione controllata mediante l'impiego di taglio con filo diamantato.

Le dimensioni sono state stabilite in funzione di quelle degli elementi di condotta da approvvigionare (tubi De1370 lunghi 2,5 m) e dello sbraccio del sollevatore telescopico frontale da impiegare per il loro inserimento nella camera di manovra.

3.2.4 Operazioni di sgombero

In corrispondenza dello sbocco dal dissipatore sono presenti fatiscenti residui di carpenteria metallica realizzati in passato per opere attualmente dismesse e mai più rimossi, che ostacolano l'accesso alla vasca interrata.

Inoltre nella camera di manovra e nel cunicolo sono presenti residui di carpenterie metalliche, tubi ed apparecchiature idrauliche ormai in disuso, che riducono l'agibilità dei locali ed ostacolerebbero lo svolgimento dei lavori.

Di tutti questi elementi (compresa la scala di collegamento tra i vani superiore ed inferiore, che andrà sostituita con una nuova, a norma) sono stati previsti pertanto lo smantellamento e la rimozione, con il conferimento a discarica.

Nel rif. 1.2.2.7 è fornita la documentazione fotografica di quanto sopra descritto.

3.2.5 Sistemi di sollevamento e movimentazione

Per le operazioni da svolgere saranno installati in questa fase:

- nella camera di manovra, una gru monotrave a ponte ;
- nel cunicolo, un sistema di movimentazione costituito da carrelli su binari, da impiegare sia in fase di demolizione del pavimento del cunicolo (un carrello), sia in fase di infilaggio della nuova condotta (fino a tre carrelli); il sistema, illustrato in dettaglio nella tavola del rif. 1.2.2.23, consentirà di sostenere gli elementi di pavimento demolito prima e la condotta poi mediante tenditori regolabili; la traslazione sarà realizzata con tirefort.

Tutti questi dispositivi sono stati dimensionati per la massima portata consentita durante le diverse operazioni:

- gru a ponte: 2,5 t (sollevamento di un blocco di cls da 1 m³ in fase di demolizione);
- carrello: 4 t (carrello più sollecitato in fase di infilaggio dell'intera nuova condotta).

3.2.6 Panconatura

L'ultima operazione in questa fase consisterà nell'installazione sulla soglia di uscita del dissipatore di un pancone in carpenteria metallica atto ad impedire l'allagamento della vasca del dissipatore per rigurgito da valle in concomitanza di sfiori di una certa entità.

Il pancone è illustrato nella tavola del rif. 1.2.2.22.

3.3 LAVORI PREPARATORI A MONTE

3.3.1 Criteri progettuali

La soluzione progettuale dei lavori preparatori a monte è stata dettata dalle seguenti considerazioni, già in parte accennate nel par. 2.1.1:

- a) l'insufficienza strutturale della parete frontale della torre, non in grado di sopportare un carico idraulico squilibrato tra esterno ed interno, e comunque l'incertezza sulla tenuta idraulica delle pareti della torre;
- b) i risultati dell'indagine condotta in fase di studio del progetto circa la presenza e la natura dei fanghi di deposito sul fondo (v. rif. 1.2.2.6);
- c) la necessità di realizzare accettabili condizioni nei riguardi della praticabilità e della visibilità durante le diverse operazioni.

L'elemento a) ha condotto alla scelta di realizzare una tura provvisoria in corrispondenza del paramento di monte della diga, costituente la parete di valle della torre (v. par. 3.3.7).

Gli elementi b) e c) hanno consigliato di prevedere operazioni e dispositivi atti a rimuovere i sedimenti nel vano della torre e ad evitarne il riaccumulo durante i lavori (v. par. 3.3.3 e 3.3.4).

Al termine di questa fase le perdite idriche attraverso la vecchia paratoia risulteranno interrotte, cosicché il cunicolo, la camera di manovra e la condotta esistente saranno all'asciutto.

La sequenza di operazioni è di seguito illustrata.

3.3.2 Rimozione della griglia a sacco

Si procederà innanzitutto alla rimozione della griglia a sacco.

In considerazione della possibilità che questa – da tempo non manovrata – dia luogo ad impuntamenti, con strappo della fune o lesioni ai gargami o danneggiamenti dell'argano, si è cautelativamente programmato di scomporla in due o più porzioni nella sua posizione immersa e di portarla in superficie in un secondo momento mediante l'argano.

L'operazione sarà pertanto eseguita da operatori subacquei.

Le porzioni di griglia saranno messe a deposito per la successiva ricomposizione e reinstallazione.

3.3.3 Installazione della griglia-filtro

Sull'apertura presidiata dalla griglia a sacco, mediante i gargami di questa, verrà calata una griglia-filtro realizzato mediante un geotessile – dimensionato in base alla composizione accertata dei fanghi – protetto contro l'urto di corpi pesanti da una rete metallica elettrosaldata. Il dispositivo è descritto nella tavola del rif. 1.2.2.21.

3.3.4 Sorbonatura e chiariflocculazione

I fanghi presenti sul fondo (dell'ordine di qualche metro cubo) verranno rimossi mediante pompaggio in autocisterne stazionate sul coronamento diga in corrispondenza della cabina di accesso della torre, e da queste avviati allo smaltimento autorizzato.

Durante l'esecuzione dei lavori saranno applicati previsti due ulteriori accorgimenti:

- l'alimentazione con acqua pulita nell'interno della torre (così da determinare un flusso dall'interno all'esterno atto ad evitare l'accumulo di sedimento fine contro il filtro); una portata piuttosto ridotta (dell'ordine dei l/min) è in grado di determinare velocità adatte allo scopo;
- la realizzazione di una chiariflocculazione, da effettuare ogniqualvolta necessario per abbattere solidi sospesi che fossero comunque presenti nella torre e che riducessero la visibilità sotto una soglia accettabile; le analisi effettuate nel corso dello studio del progetto hanno identificato nel cloruro di alluminio un possibile agente flocculante da adottare.

3.3.5 Sganciamento della vecchia paratoia

La vecchia paratoia sarà preventivamente mantenuta in posizione con staffe ancorate alla parete.

Seguiranno lo sganciamento dall'elemento terminale (inferiore) dell'asta di manovra e la rimozione di quest'ultimo.

Tale elemento, nonché il perno di collegamento con la paratoia ed il manicotto di giunzione con l'elemento sovrastante, verranno posti a deposito in vista del successivo utilizzo per la nuova paratoia, con piccoli interventi di adattamento.

3.3.6 Getto del basamento della tura

Per quanto risulta dai disegni di consistenza, al di sotto della paratoia la parete della torre non è piana, ma presenta una sporgenza costituita da un pilastro. In queste condizioni sarebbe piuttosto complicato, e di incerto risultato, garantire una tenuta con un contatto frontale tra parete e tura. Inoltre sorgerebbe la necessità di procedere - preventivamente alla costruzione della tura - ad un rilievo di precisione della geometria in gioco operando sott'acqua.

D'altra parte, una tura che, poggiando sul fondo della torre, inglobasse il limite superiore della paratoia, dovrebbe avere un'altezza di circa 4,5 m, che presenterebbe difficoltà per l'ingresso nella cabina superiore, a meno di procedere ad una demolizione.

Si è pertanto deciso di sopraelevare, mediante un getto subacqueo di calcestruzzo, il fondo del vano, limitatamente a quanto necessario per costituire una superficie orizzontale su cui ancorare (a tenuta) la tura.

3.3.7 Installazione della tura

Per la tura si è studiata una geometria semicilindrica in grado di adattarsi – con la miglior resa in termini strutturali – alla geometria del vano della torre. E' stato inoltre previsto di dotarla:

- di un riempimento in polistirolo in quantità ed in posizione tale che sott'acqua risulti maneggevole (peso dell'ordine della decina di kg);
- di due fori filettati con viti svitabili da monte destinati – in fase di rimozione (par. 3.6.2) – ad equilibrare i carichi monte-valle;

così da agevolare le operazioni in ogni fase del lavoro.

Il dispositivo è descritto nella tavola del rif. 1.2.2.21.

La tenuta della tura, da imbullonare sulla parete verticale di monte della torre e sul fondo di questa (v. par. 3.3.6), sarà realizzata mediante una guarnizione in gomma.

Contestualmente all'installazione della tura verranno chiusi, mediante piastre metalliche imbullonate alla parete, le aperture d'imbocco delle saracinesche DN300 citate al par. 2.1.1, come illustrato nel rif. 1.2.2.25.

3.4 SMONTAGGI E DEMOLIZIONI

3.4.1 Criteri progettuali

Nel corso dello studio del progetto sono state esaminate diverse soluzioni progettuali ed operative.

Il mantenimento dell'identico diametro preesistente avrebbe richiesto la demolizione dell'intera condotta anche nel tratto sottostante il cunicolo. Tale ipotesi è stata scartata perché troppo impattante (a motivo della maggior larghezza della condotta rispetto a quella del cunicolo avrebbe comportato l'allargamento di quest'ultimo sia sopra che sotto il piano di calpestio).

Nel caso di un puro e semplice infilaggio della nuova condotta nella vecchia a partire da un fronte reso libero nella camera di manovra, senza demolizione del pavimento del cunicolo, date le incognite circa la regolarità della superficie interna e la conseguente pervietà lungo l'intero tratto, si sarebbe dovuto adottare un criterio molto prudenziale nella scelta del diametro della nuova condotta; comunque, anche in tal caso, il verificarsi di difficoltà durante l'infilaggio avrebbe comportato la necessità di demolizioni non programmate per la rimozione degli ostacoli incontrati (imbozzamenti, accumuli di fango, di materiale di condotta ossidato o anche di elementi lapidei non trattiene dalla griglia a sacco). La soluzione adottata, con la demolizione del pavimento del cunicolo e della calotta della vecchia condotta per una larghezza di 60 cm e lungo l'intero sviluppo del cunicolo, consentendo durante i lavori il controllo visivo continuo e l'accesso in sicurezza all'interno della vecchia condotta, ovvia agli inconvenienti sopra accennati.

In considerazione delle particolari esigenze dei lavori in oggetto, per le demolizioni si farà ricorso a tecniche di demolizione controllata (taglio con seghe a filo diamantato o a disco diamantato, carotaggi con carotatrici a corona diamantata).

Rispetto alla demolizione tradizionale, tali tecniche presentano alcune caratteristiche particolarmente vantaggiose nel caso in esame: assenza di percussioni e di vibrazioni, assenza di polvere, rumorosità ridotta, precisione e rapidità.

Per la scoperta della condotta sotto il cunicolo è infatti fondamentale operare con una certa precisione e senza che la demolizione provochi deformazioni incontrollate della parte di condotta da lasciare in posto, fenomeno che si verificherebbe nel caso di impiego di martello demolitore in relazione alle percussioni.

Per il blocco di ammarro del gomito, a causa della configurazione statica dell'elemento ed alla presenza di armature è necessario procedere ordinatamente, in modo da non compromettere la stabilità del resto della struttura. Delle diverse parti del blocco è comunque previsto il puntellamento, così da assicurare condizioni di sicurezza durante le operazioni (v. par. 3.4.3).

Al termine di questa fase saranno disponibili gli spazi nella camera delle valvole necessari per la saldatura degli elementi di condotta nonché l'intero tratto interessato dalla posa lungo il cunicolo.

La sequenza di operazioni è di seguito illustrata.

3.4.2 Rimozione delle apparecchiature idrauliche

Interesseranno la saracinesca DN1400 (con il relativo giunto di smontaggio) ed il tronchetto con il passo d'uomo DN800.

Saranno inoltre rimosse le due saracinesche DN300 sistemate sulla parete terminale del cunicolo (v. par. 2.1.1).

Le apparecchiature in oggetto rimarranno in esposizione nel piazzale della casa di guardia

3.4.3 Puntellamento del blocco di copertura del dissipatore

In preparazione della successiva demolizione del blocco di copertura della vasca di dissipazione e della condotta a gomito in esso ammarata, se ne realizzerà il sostegno mediante puntelli telescopici poggiati sul fondo della vasca, secondo lo schema mostrato nella tavola del rif. 1.2.2.13.

3.4.4 Demolizioni nella camera di manovra

Le demolizioni nella camera di manovra riguarderanno:

- il blocco di copertura del dissipatore;
- il pavimento della camera di manovra, per una profondità sino alla quota di fondo del pozzetto in cui è alloggiata la saracinesca DN1400, precedentemente rimossa (v. par. 3.4.2);
- un'ulteriore porzione di pavimento immediatamente a valle dell'imbocco del cunicolo, approfondita sino a 1,5 m al di sotto della quota di fondo della condotta di scarico, al fine di realizzare una fossa entro la quale saldare gli elementi di condotta da infilare progressivamente nel cunicolo;
- una piccola superficie della soletta tra i vani superiore ed inferiore, per la riconfigurazione della scala di collegamento tra i due piani.

La tavola del rif. 1.2.2.13 illustra quanto sopra indicato.

Il lavoro sarà eseguito mediante tecniche di demolizione controllata (v. par. 3.4.1).

In questa fase saranno comprese le perforazioni necessarie per la ripresa delle armature

Il materiale di risulta verrà sostenuto e movimentato dalla gru monotrave a ponte (v. par. 3.2.5) ed allontanato attraverso l'apertura all'uopo predisposta (v. par. 3.2.3).

3.4.5 Demolizioni nel cunicolo

Le demolizioni nel cunicolo consisteranno nel taglio del pavimento e della condotta sottostante per una larghezza di 60 cm.

La tavola del rif. 1.2.2.13 illustra quanto sopra indicato.

Il lavoro sarà eseguito mediante tecniche di demolizione controllata (v. par. 3.4.1).

In questa fase saranno comprese le perforazioni necessarie per la ripresa delle armature

Il materiale di risulta verrà sostenuto e movimentato dal sistema citato al par. 3.2.5 ed allontanato attraverso l'apertura all'uopo predisposta (v. par. 3.2.3).

3.5 RICOSTITUZIONE DELLA CONDOTTA DI SCARICO

3.5.1 Criteri progettuali

Per il materiale della nuova condotta si è optato per l'acciaio al carbonio S355, con rivestimento interno ed esterno in vernice epossidica o poliuretanica.

E' stato escluso l'impiego di acciaio inox in considerazione sia delle maggiori difficoltà di saldatura in opera sia del pericolo di formazione di pile al contatto con acciaio al carbonio (e del conseguente pericolo di innesco di corrosione).

La lunghezza dei singoli elementi da saldare in opera è stata stabilita con un criterio di ottimizzazione rispetto alle dimensioni delle lamiere commerciali, alla sagoma limite di trasporto, all'agibilità dell'ambiente di lavoro ed al numero delle saldature in opera. Gli elementi presenteranno una cianfrinatura esterna a V; la saldatura sarà ripresa con verniciatura della stessa natura di quella corrente applicata in stabilimento.

In fase di infilaggio la nuova condotta sarà tappata all'estremo di monte con un fondello tale da impedire il rifluimento all'interno della nuova condotta del materiale d'intasamento dell'intercapedine tra vecchia e nuova condotta. Il fondello sarà imbullonato nello spessore (30 mm) dell'elemento di monte della nuova condotta, che appunto a questo scopo è stato maggiorato rispetto a quello corrente (10 mm).

Il fondello sarà rinforzato mediante un anello interno di spessore 20 mm, altezza 40 cm e raggio 55 cm, che consente di limitare tensioni e deformazioni anche con uno spessore di 25 mm del fondello.

Il fondello avrà un riempimento in polistirolo dimensionato in modo da ridurre il peso immerso a pochi kilogrammi e due fori filettati con viti svitabili da monte, che permetteranno di equilibrare i carichi monte-valle in fase di rimozione (v. par. 3.6.2).

Sulla superficie esterna del fondello sarà applicato un prodotto disarmante così da facilitarne la rimozione ad intasamento avvenuto.

I dettagli sono raffigurati nella tavola del rif. 1.2.2.15.

3.5.2 Regolarizzazione del paramento di valle della vecchia paratoia

Preliminarmente all'inizio dell'infilaggio della nuova condotta verrà eseguita la regolarizzazione del paramento di valle della vecchia paratoia, che si presenta con nervature, mediante una lisciatura con malta ad alta aderenza, in modo che il fondello terminale della nuova condotta vada a battuta con tale superficie.

Questo accorgimento – unitamente al trattamento con disarmante della superficie esterna del fondello (v. par. 3.5.1) farà sì che il materiale di intasamento non vada ad ammorsare la vecchia paratoia, rendendone difficoltosa la successiva rimozione.

3.5.3 Realizzazione della nuova condotta

La nuova condotta sarà realizzata attraverso il seguente ciclo di operazioni:

- a) introduzione del primo elemento di condotta (con fondello terminale) nella camera di manovra e suo infilaggio nel cunicolo;
- b) introduzione del successivo elemento di condotta nella camera di manovra e sua messa in postazione nella fossa per la saldatura (v. par. 3.4.4);
- c) saldatura del giunto di testa tra i due elementi;
- d) ripresa della verniciatura in corrispondenza del giunto;
- e) infilaggio dell'insieme degli elementi, con avanzamento nel cunicolo per la lunghezza di un elemento;
- f) ripetizione delle operazioni da b) ad e) sino all'ultimo elemento di valle.

Lo svolgimento delle operazioni sarà condizionato dai tempi di attesa per il raffreddamento del giunto e l'essiccazione della vernice.

Seguiranno la messa in opera del gomito di valle (in corrispondenza del dissipatore) e l'installazione del nuovo passo d'uomo, del nuovo giunto di smontaggio e della nuova saracinesca DN1400, completa di cilindro di attuazione con funzione di regolazione (atto ad operare scarichi controllati, e quindi con saracinesca parzializzata) e di trasduttore di posizione..

Sul passo d'uomo verrà installata una valvola rompivuoto destinata al rientro dell'aria in condotta durante le fasi iniziali di apertura dello scarico, dimensionata per assicurare una portata d'aria di 10 m³/s con una depressione di 3 m di colonna d'acqua.

Al termine del montaggio dei dispositivi idraulici verrà effettuata – a saracinesca chiusa – la prova d'acqua per verificare l'assenza di perdite.

L'intercapedine tra la vecchia e la nuova condotta (nonché i fori in corrispondenza delle due saracinesche DN300 sulla parete terminale del cunicolo, v. par. 2.1.1) saranno quindi intasati mediante malta cementizia a ritiro controllato. In uno dei due fori verrà inserito un tronchetto DN100 per la realizzazione del by-pass della paratoia.

Dopo la posa in opera delle armature verranno effettuati i getti di cls; per il pavimento del cunicolo è previsto l'impiego di cls autolivellante, così da poter semplificare le operazioni di getto (si potrà operare dall'imbocco del cunicolo, senza dover approvvisionare il cls lungo lo sviluppo di questo).

Al termine di questa fase risulterà realizzato un sistema a tenuta tale da consentire, nella fase successiva, la rimozione della vecchia paratoia e del fondello terminale.

3.6 SOSTITUZIONE DELLA PARATOIA

3.6.1 Generalità

In questa fase saranno eseguite, mediante l'impiego di operatori subacquei all'interno della torre, le operazioni necessarie per la sostituzione della paratoia.

Al termine di questa fase la nuova configurazione dello scarico risulterà ultimata, a meno dei lavori di completamento.

3.6.2 Rimozione della tura, della vecchia paratoia e del fondello

Dopo essere stata sbullonata, la tura verrà sollevata lungo il pozzo ed attraverso la botola della griglia a sacco portata nella cabina di accesso ed allontanata.

Lo stesso avverrà per la vecchia paratoia e per il fondello terminale della condotta.

Per il sollevamento della vecchia paratoia si ricorrerà a palloni di opportuno volume.

Le manovre sul fondo e lungo il tratto sott'acqua saranno facilitate dagli accorgimenti adottati in progetto mirati a conseguire:

- equilibrio del carico monte-valle;
- riduzione del peso immerso;

come illustrato nel par. 3.3.7 per la tura e nel par. 3.5.1 per il fondello.

3.6.3 Installazione della nuova paratoia

L'installazione della nuova paratoia consisterà nel montaggio della paratoia e dell'elemento terminale dell'asta.

La sequenza completa delle operazioni è illustrata nella tavola del rif. 1.2.2.26.

3.6.4 Reinstallazione della griglia a sacco

Prima della reinstallazione della griglia a sacco la griglia-filtro provvisoria sarà estratta ed allontanata.

La griglia a sacco (di cui è prevista la sostituzione delle funi), prima di essere calata in posizione, dovrà essere ricomposta.

3.6.5 Ispezione finale

Terminati con la reinstallazione della griglia a sacco i lavori subacquei, verrà effettuata l'ispezione finale nella torre.

L'attività verrà documentata mediante registrazione video (con telecamera digitale ad alta definizione) su supporto DVD.

3.7 LAVORI DI COMPLETAMENTO

3.7.1 Generalità

In questa fase verranno eseguite tutte le operazioni atte a realizzare la configurazione finale dell'intervento ed a ripiegare il cantiere.

3.7.2 Nuova scala

Per il progetto della nuova scala di comunicazione tra i vani superiore ed inferiore della camera di manovra (e per i parapetti) sono stati adottati i seguenti criteri:

- geometria di agevole utilizzo per quanto riguarda le dimensioni di alzate e pedate;
- struttura metallica interamente imbullonata, così da permettere un facile smontaggio in caso di futuri interventi di manutenzione nella camera di manovra;
- impiego di profili metallici aperti, meno sensibili a principi di corrosione.

3.7.3 Ripristino della parete sinistra della camera di manovra

L'apertura realizzata per l'accesso alla camera di manovra ed al cunicolo durante i lavori (v. par. 3.2.3) verrà chiusa mediante getto in cls nella parte inferiore. Nella parte superiore verrà invece messo in opera un portellone metallico fissato alla parete, che potrà essere rimosso in occasione di futuri interventi di manutenzione che richiedano l'estrazione ed il ricollocamento di apparecchiature e pezzi speciali.

3.7.4 Installazione del misuratore di portata

In corrispondenza della sezione d'imbocco del cunicolo nella camera di manovra verrà installato un misuratore di portata ad ultrasuoni tipo *clamp on*. La sua tipologia e la sua ubicazione sono state scelte in considerazione dei requisiti di velocità del flusso e di distanza da singolarità della condotta (a monte: paratoia; a valle: saracinesca).

3.7.5 Sistemazione del pozzetto di aggettamento perdite

Nell'angolo di monte-destro sul pavimento della camera di manovra è presente un pozzetto per l'aggettamento delle perdite.

In considerazione dello stato di faticenza del dispositivo preesistente, se ne è prevista la sistemazione, con l'installazione di una saracinesca a cuneo gommato DN250 PN6 in sostituzione dell'apparecchiatura preesistente, e la protezione dell'imbocco del pozzetto mediante grigliato metallico calpestabile.

3.7.6 Rimozione dei dispositivi provvisori di valle e ripiegamento del cantiere

Trascorso il periodo necessario per la maturazione del getto del blocco di copertura del dissipatore - saranno rimossi i puntelli (par. 3.4.3) ed in immediata successione il pancone (par. 3.2.6).

In conclusione di tutti i lavori si procederà al ripiegamento del cantiere (rimozione delle baracche, delle recinzioni e di tutti gli allestimenti provvisori), così da lasciare il sito nella sua configurazione finale atta al normale esercizio delle opere.

4. TEMPI

A seguito della redazione del cronoprogramma (rif. 1.2.2.27), per la realizzazione dell'intervento si prevedono 152 giorni.

5. ELEMENTI ECONOMICI

5.1 PREZZI

Per l'individuazione del costo dell'intervento si è tenuto conto della particolarità dei lavori di progetto, per i quali è comunque difficile trovare riferimenti in prezzi ufficiali.

Si è pertanto adottata la seguente procedura.

Per quanto possibile, si è fatto riferimento a prezzi di enti pubblici operanti nell'area territoriale interessata - ancorché non aggiornati – procedendo se del caso all'aggiornamento in base agli indici ISTAT (1) del costo di costruzione (rif. 1.2.1.5): in particolare si è fatto riferimento al prezzo Regione Sardegna, ed. set.2018.

Secondariamente, per alcune tipologie di lavoro, si è fatto riferimento a prezzi di validità nazionale emessi da amministrazioni pubbliche o da organizzazioni di operatori:

- prezzo AIDECO (Associazione Italiana Demolizione Controllata), ed. mar.2016, per le demolizioni controllate;
- prezzo ALIG (Associazione Laboratori di Ingegneria e Geotecnica), ed. set.2015, per le indagini sui materiali;
- prezzo ANAS, ed. giu.2016, per gli oneri della sicurezza.

Anche in questo caso si è proceduto all'aggiornamento in base agli indici ISTAT.

Per le lavorazioni non coperte dai prezzi ufficiali RAS, sono state svolte apposite analisi, basate su costi elementari tratti da:

- prezzo Regione Sardegna, ed. set.2018;
- prezzi adottati dall'ENAS per lavori subacquei in interventi simili a quello di progetto (lavori su apparecchiature idrauliche sommerse, con impiego di operatori subacquei) eseguiti negli anni passati:
 - lavori di manutenzione straordinaria dei gargami della paratoia dell'opera di presa della centrale idroelettrica di Uvini – Diga del Mulargia, nov.2006;
 - ispezione della galleria di presa dei gargami della paratoia dell'opera di presa della centrale idroelettrica di Uvini – Diga del Mulargia, dic.2012.

Infine, per le forniture (apparecchiature idrauliche e meccaniche e carpenterie metalliche) sono state effettuate indagini di mercato.

(1) Ultimi dati disponibili dicembre 2018

5.2 QUADRO ECONOMICO

Il quadro economico di progetto risulta il seguente.

TOTALE PROGETTO		€ 1.000.000,00
A. LAVORI		€ 724.728,77
A.1	Importo lavori	€ 621.198,55
A.2	Oneri sicurezza	€ 103.530,21
B. SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE		€ 275.271,23
B1	Lavori in economia, previsti in progetto ed esclusi dall'appalto, ivi inclusi i rimborsi previa fattura	€ -
B2	Rilievi, accertamenti e indagini	€ -
B3	Allacciamento a pubblici servizi	€ -
B4	Acquisizione aree o immobili e pertinenti indennizzi	€ -
B5	Spese tecniche relative alla progettazione e attività preliminari, coordinamento sicurezza progettazione, direzione lavori, contabilità e misura, coordinamento sicurezza esecuzione	€ 40.000,00
B6	Spese per attività tecnico amministrative connesse alla progettazione, di supporto al responsabile del procedimento, e di verifica e validazione	€ 5.000,00
B7	Accantonamento per accordi bonari e transazioni (1,00% di A)	€ 7.247,29
B8	Accantonamento ex art 113 c. 2, D.Lgs. 50/2016 (2,00% di A)	€ 14.494,58
B9	Polizze assicurative per la copertura dei rischi di natura professionale a favore dei dipendenti incaricati della progettazione (art. 24 c. 4 D.Lgs. 50/2016)	€ -
B10	Spese per pubblicità	€ 3.000,00
B11	Imprevisti	€ 33.514,04
B12	Spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche previste dal capitolato speciale d'appalto, collaudo tecnico amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici	€ 10.000,00
B13	IVA (22% su A+B12)	€ 161.640,33
B14	Contributo ANAC	€ 375,00